

60188-843

Atsushi NISHIMURA, et al.

April 23, 2004

McDermott, Will & Emery

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 3 1 日
Date of Application:

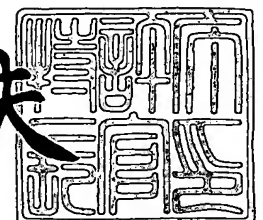
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 3 4 1 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 8 3 4 1 5]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 1 4 9 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 2926440167
【提出日】 平成15年 7月31日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/205
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 西村 淳
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 樋野村 徹
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 池田 敦
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 岸田 剛信
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100077931
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 前田 弘
【選任した代理人】
 【識別番号】 100094134
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小山 廣毅
【選任した代理人】
 【識別番号】 100110939
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 竹内 宏
【選任した代理人】
 【識別番号】 100113262
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 竹内 祐二
【選任した代理人】
 【識別番号】 100115059
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 今江 克実
【選任した代理人】
 【識別番号】 100117710
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 原田 智雄
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014409
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0217869

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

半導体領域の上に、該半導体領域の一部を露出するように貫通孔が設けられた絶縁膜を形成する工程と、

前記絶縁膜の上に、前記貫通孔の壁面と、前記半導体領域における前記貫通孔からの露出面とを含むように、高融点金属材料からなる密着層を形成する工程と、

前記密着層の上に、タングステンを含む第 1 の原料ガスをを用いて第 1 の金属膜を形成する工程と、

前記第 1 の金属膜の上に、タングステンを含む第 2 の原料ガスをを用いて第 2 の金属膜を形成する工程とを備え、

前記第 1 の金属膜を形成する工程において、前記第 1 の金属膜を構成する結晶粒の粒径の平均値が 30 nm 以下となるようにすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

半導体領域の上に、該半導体領域の一部を露出するように貫通孔が設けられた絶縁膜を形成する工程と、

前記絶縁膜の上に、前記貫通孔の壁面と、前記半導体領域における前記貫通孔からの露出面とを含むように、高融点金属材料からなる密着層を形成する工程と、

前記密着層が形成された前記半導体領域を金属薄膜形成用の反応室内に投入し、前記密着層の表面に対して熱処理を行う工程と、

前記反応室内にタングステンを含む第 1 の原料ガスを供給しながら、前記密着層の上に第 1 の金属膜を形成する工程と、

前記反応室内にタングステンを含む第 2 の原料ガスを供給しながら、前記第 1 の金属膜の上に第 2 の金属膜を形成する工程とを備えていることを特徴する半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記熱処理を行う工程は、前記反応室に熱処理ガスを導入する工程と、所定の期間にわたって前記反応室内を加熱した後、前記反応室から前記熱処理ガスを排気する工程とを含むことを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記第 1 の金属膜を形成する工程は、前記熱処理ガスを排気する工程の後、前記反応室を開放することなく連続して行うことを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記熱処理ガスは、アルゴンガスと水素ガスとからなることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記第 1 の原料ガスはフッ化タングステンガスと水素化シリコンガスとを含むことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記第 1 の金属膜を形成する工程において、前記水素化シリコンガスの流量に対する前記フッ化タングステンガスの流量の比の値が 8.4 以上となるように前記第 1 の原料ガスを供給することを特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記第 2 の原料ガスはフッ化タングステンガスと水素ガスとを含むことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記第 2 の金属膜を形成する工程において、前記水素ガスの流量に対する前記フッ化タングステンガスの流量の比の値が 0.24 以上となるように前記第 2 の原料ガスを供給することを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

前記密着層は、チタン膜と窒化チタン膜とが順次積層された積層膜であることを特徴とする請求項 1～9 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記貫通孔は、前記絶縁膜の上面における開口径が $0.18\mu\text{m}$ 以下となるように設けられていることを特徴とする請求項 1～10 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

半導体領域上に形成され、該半導体領域の一部が露出されるように設けられた貫通孔を有する絶縁膜と、

前記貫通孔の壁面と、前記半導体領域における前記貫通孔からの露出面との上に設けられた高融点金属材料からなる密着層と、

前記密着層の上に形成され且つタンゲステンを含む第 1 の金属膜と、

前記第 1 の金属膜の上に前記貫通孔の内部を埋めるように設けられ且つタンゲステンを含む第 2 の金属膜とを備え、

前記第 1 の金属膜は、結晶粒の粒径の平均値が約 30nm 以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 13】

前記第 1 の金属膜は、フッ化タンゲステンガスと水素化シリコンガスとを用いて形成されており、

前記第 2 の金属膜は、フッ化タンゲステンガスと水素ガスとを用いて形成されていることを特徴とする請求項 12 に記載の半導体装置。

【請求項 14】

前記密着層はチタン膜と窒化チタン膜とが順次積層された積層膜であることを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の半導体装置。

【請求項 15】

前記貫通孔は、前記絶縁膜の上面における開口径が $0.18\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 13～14 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体装置及びその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体装置及びその製造方法に関し、特に、半導体集積回路等の半導体領域と接続されたタングステンからなるプラグを有する半導体装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、絶縁膜によって覆われた半導体集積回路等の半導体装置に電源や信号を供給するための電極として、絶縁膜を貫通して設けられたタングステンからなるプラグが用いられている。

【0003】

図9は、従来のタングステンからなるプラグを有する半導体装置を示している。図9に示すように、上面に半導体集積回路（図示せず）を有するシリコンからなる半導体基板101の上に、半導体集積回路を保護するための酸化シリコンからなる絶縁膜102が形成されている。絶縁膜102にはプラグ形成用の貫通孔102aが設けられており、貫通孔102aの壁面には、チタン膜103、窒化チタン膜104及び第1のタングステン膜105が順次積層されており、第1のタングステン膜105の上には、貫通孔102aの内部を充填するように、第2のタングステン膜106が設けられている。

【0004】

従来の半導体装置において、第1のタングステン膜105は、プラグ本体部となる第2のタングステン膜106を貫通孔102a内に結晶成長する際のシード層としての機能を有する。また、チタン膜103及び窒化チタン膜104は第1のタングステン膜105と絶縁膜102との密着性を向上するための密着層としての機能を有する。

【0005】

従来の半導体装置の製造方法は、まず、半導体基板101の上にプラグ形成用の貫通孔102aを有する絶縁膜102を形成した後、絶縁膜102の上に、貫通孔102aの壁面及び貫通孔102aの下側に露出した半導体基板101の上面を含むように、全面にわたってチタン膜103及び窒化チタン膜104を順次堆積する。

【0006】

次に、フッ化タングステンの水素化シリコン還元反応を用いたCVD法により、窒化チタン膜104の上に、貫通孔102aの内部を含むように全面にわたって、第1のタングステン膜105を形成する。続いて、フッ化タングステンの水素還元反応を用いたCVD法により、第1のタングステン膜105の上に、貫通孔102aの内部を充填するように全面にわたって、第2のタングステン膜106を形成する。

【0007】

その後、CMP法により、第2のタングステン膜106の上面から絶縁膜102のが露出するまで、絶縁膜102の上側に堆積された第2のタングステン膜106、第1のタングステン膜105、窒化チタン膜104及びチタン膜103を順次研磨除去する。これにより、貫通孔102aの内部に第1のタングステン膜105及び第2のタングステン膜106からなるプラグが形成される。

【特許文献1】特開2001-60564号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、前記従来の半導体装置の製造方法において、貫通孔102aのアスペクト比（即ち、貫通孔102aの上部の径に対する深さ寸法の比）が大きくなると、第1のタングステン膜105は、貫通孔102aの被覆性（カバレッジ）が低下し、貫通孔102aの下部への堆積よりも絶縁膜102の上面側への堆積が促進される。このため、絶縁膜102の上面において貫通孔102aの周縁部から内側にオーバーハングして形成され

てしまう。さらに、第1のタングステン膜105は、前述のCVD法により微小な結晶粒（グレイン）からなる多結晶体として形成されるが、各グレインの粒径（グレインサイズ）が大きいと、第2のタングステン膜106のモホロジが劣化する。

【0009】

特に、貫通孔102aの直径を0.18 μ m以下にして形成する場合に、第1のタングステン膜105のグレインサイズの増大とカバレッジの低下とが顕著となり、第2のタングステン膜106をモホロジ良く形成することが困難となる。このため、第1のタングステン膜105及び第2のタングステン膜106からプラグを形成すると、プラグの内部にシームと呼ばれる空隙が増大してしまう。

【0010】

このように、前記従来の半導体装置の製造方法によると、半導体装置の微細化に伴って貫通孔102aのアスペクト比を増大させた場合に、貫通孔102aの内部に第2のタングステン膜106をモホロジ良く形成することが困難であるため、プラグの内部にシーム等の不良が生じて導体装置に十分な信頼性が得られないという問題を有している。

【0011】

本発明は、前記従来の問題を解決し、アスペクト比が大きい貫通孔に対して、タングステンからなるプラグを低欠陥に形成できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

前記の目的を達成するため、本発明は、シード層となる第1の金属膜と、プラグ本体部となる第2の金属膜とを備えた半導体装置の製造方法において、第1の金属膜の結晶粒径の平均値が30nm以下となるように形成する構成とする。

【0013】

具体的に、本発明に係る第1の半導体装置の製造方法は、半導体領域の上に、該半導体領域の一部を露出するように貫通孔が設けられた絶縁膜を形成する工程と、絶縁膜の上に、貫通孔の壁面と、半導体領域における貫通孔からの露出面とを含むように、高融点金属材料からなる密着層を形成する工程と、密着層の上に、タングステンを含む第1の原料ガスをを用いて第1の金属膜を形成する工程と、第1の金属膜の上に、タングステンを含む第2の原料ガスをを用いて第2の金属膜を形成する工程とを備え、第1の金属膜を形成する工程において、第1の金属膜を構成する結晶粒の粒径の平均値が30nm以下となるようにする。

【0014】

本発明の第1の半導体装置の製造方法によると、第1の金属膜を形成する工程において、結晶粒径の平均値が30nm以下となるように第1の金属膜を形成するため、貫通孔のアスペクト比が大きい場合であっても、貫通孔の内部にモホロジが良好な第2の金属膜を形成できる。これにより、第1の金属膜及び第2の金属膜における貫通孔に埋め込まれた部分から、シームが低減された低欠陥のプラグを形成できるため、信頼性の高い半導体装置を形成することができる。

【0015】

本発明に係る第2の半導体装置の製造方法は、半導体領域の上に、該半導体領域の一部を露出するように貫通孔が設けられた絶縁膜を形成する工程と、絶縁膜の上に、貫通孔の壁面と、半導体領域における貫通孔からの露出面とを含むように、高融点金属材料からなる密着層を形成する工程と、密着層が形成された半導体領域を金属薄膜形成用の反応室内に投入し、密着層の表面に対して熱処理を行う工程と、反応室内にタングステンを含む第1の原料ガスを供給しながら、密着層の上に第1の金属膜を形成する工程と、反応室内にタングステンを含む第2の原料ガスを供給しながら、第1の金属膜の上に第2の金属膜を形成する工程とを備えている。

【0016】

本発明に係る第2の半導体装置の製造方法によると、密着層を形成する工程と第1の金属膜を形成する工程との間に熱処理を行う工程を備えているため、密着層の表面に生じる

不所望の変質又は汚染を除去することができるので、密着層を第1の金属膜を形成するための下地層として適するように改質できる。これにより、密着層の上に第1の金属膜を結晶粒径の平均値が30nm以下となるように形成されるため、貫通孔のアスペクト比が大きい場合であっても、貫通孔の内部にモホロジが良好な第2の金属膜を形成できるので、貫通孔の内部にタングステンからなるプラグを低欠陥に形成することができる。

【0017】

本発明の第2の半導体装置の製造方法において、熱処理を行う工程は、反応室に熱処理ガスを導入する工程と、所定の期間にわたって反応室内を加熱した後、反応室から熱処理ガスを排気する工程とを含むことが好ましい。

【0018】

このようにすると、熱処理ガスを用いて密着層の表面に生じる不所望の汚染を確実に除去して第1の金属膜をするための下地層として適するように改質することができる。

【0019】

本発明の第2の半導体装置の製造方法において、第1の金属膜を形成する工程は、熱処理ガスを排気する工程の後、反応室を開放することなく連続して行うことが好ましい。

【0020】

このようにすると、密着層の表面に対する熱処理を行った後、第1の金属膜を形成するまでの間に、密着層の表面が再び汚染される危険性を排除できる。

【0021】

本発明の第2の半導体装置の製造方法において、熱処理ガスは、アルゴンガスと水素ガスとからなることが好ましい。

【0022】

このようにすると、密着層の表面が酸化されないと共に、密着層の表面に生じる不所望の変質又は汚染を確実に除去できるため、熱処理によって半導体装置の性能が劣化することがない。

【0023】

本発明の第1の半導体装置の製造方法又は第2の半導体装置の製造方法において、第1の原料ガスはフッ化タングステンガスと水素化シリコンガスとを含むことが好ましい。

【0024】

本発明の第1の半導体装置の製造方法又は第2の半導体装置の製造方法は、第1の金属膜を形成する工程において、水素化シリコンガスの流量に対するフッ化タングステンガスの流量の比の値が8.4以上となるように第1の原料ガスを供給することが好ましい。

【0025】

このようにすると、第1の金属膜の成膜速度を反応律速付近にまで向上することができるため、カバレッジが良好な第1の金属膜を確実に形成することができる。

【0026】

本発明の第1の半導体装置の製造方法又は第2の半導体装置の製造方法において、第2の原料ガスはフッ化タングステンガスと水素ガスとを含むことが好ましい。

【0027】

本発明の第1の半導体装置の製造方法又は第2の半導体装置の製造方法は、第2の金属膜を形成する工程において、水素ガスの流量に対するフッ化タングステンガスの流量の比の値が0.24以上となるように第2の原料ガスを供給することが好ましい。

【0028】

このようにすると、第2の金属膜を反応律速付近で成膜することができるため、シームが低減された低欠陥のプラグを確実に形成することができる。

【0029】

本発明の第1の半導体装置の製造方法又は第2の半導体装置の製造方法において、密着層は、チタン膜と窒化チタン膜とが順次積層された積層膜であることが好ましい。

【0030】

このようにすると、絶縁膜と第1の金属膜との間の密着性を確実に向上することができる。

る。

【0031】

本発明の第1の半導体装置の製造方法又は第2の半導体装置の製造方法において、貫通孔は、絶縁膜の上面における開口径が $0.18\mu\text{m}$ 以下となるように設けられていることが好ましい。

【0032】

本発明に係る半導体装置は、半導体領域上に形成され、該半導体領域の一部が露出されるように設けられた貫通孔を有する絶縁膜と、貫通孔の壁面と、半導体領域における貫通孔からの露出面との上に設けられた高融点金属材料からなる密着層と、密着層の上に形成され且つタングステンを含む第1の金属膜と、第1の金属膜の上に貫通孔の内部を埋めるように設けられ且つタングステンを含む第2の金属膜とを備え、第1の金属膜は、結晶粒の粒径の平均値が約 30nm 以下である。

【0033】

本発明の半導体装置によると、第1の金属膜は結晶粒径の平均値が 30nm 以下であるため、貫通孔が高アスペクト比に形成されている場合であっても、第2の金属膜は第1の金属膜の上にモホロジ良く形成されるので、第1の金属膜及び第2の金属膜を貫通孔内を埋める低欠陥のプラグとして用いることができる。

【0034】

本発明の半導体装置において、第1の金属膜は、フッ化タングステングスと水素化シリコンガスとを用いて形成されており、第2の金属膜は、フッ化タングステングスと水素ガスとを用いて形成されていることが好ましい。

【0035】

本発明の半導体装置において、密着層はチタン膜と窒化チタン膜とが順次積層された積層膜であることが好ましい。

【0036】

本発明の半導体装置において、貫通孔は、絶縁膜の上面における直径が $0.18\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【発明の効果】

【0037】

本発明の第1の半導体装置の製造方法によると、モホロジが良好な第2の金属膜を確実に形成することができるため、第1の金属膜及び第2の金属膜から低欠陥のプラグを形成することができる。

【0038】

また、本発明の第2の半導体装置の製造方法によると、密着層の表面に生じる汚染又は変質を除去できるため、第1の金属膜を結晶粒径の平均値が 30nm 以下となるように形成できるので、第2の金属膜のモホロジが向上して低欠陥のプラグを形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

本発明の一実施形態に係る半導体装置について図面を参照しながら説明する。

【0040】

図1は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の断面構成を示している。図1に示すように、例えば、上面に半導体集積回路（図示せず）が形成されたシリコンからなる半導体基板（半導体領域）11の上に、膜厚が約 $1.5\mu\text{m}$ の酸化シリコンからなる絶縁膜12が形成されており、絶縁膜12には、半導体基板11の上面の一部分を開口するように、該絶縁膜12の上面における直径が約 $0.18\mu\text{m}$ の貫通孔12aが設けられている。貫通孔12aの壁面及び貫通孔12aの下側に位置する半導体基板11の上面の上には、膜厚が約 5.5nm のチタン膜13と、膜厚が約 11nm の窒化チタン膜14と、膜厚が約 17nm の第1のタングステン膜（第1の金属膜）15とがこの順に形成されている。さらに、第1のタングステン膜15の上には、貫通孔12aの内部を充填するように、第2

のタングステン膜（第2の金属膜）16が設けられている。

【0041】

第1のタングステン膜15及び第2のタングステン膜16は、貫通孔12aを通して半導体基板11の上面と電氣的に接続されており、半導体集積回路の電極を絶縁膜12の上面に取り出すためのプラグとなる。

【0042】

チタン膜13及び窒化チタン膜14は、プラグとなるタングステン膜（即ち、第1のタングステン膜15及び第2のタングステン膜16）を絶縁膜12の貫通孔12aとの密着性を向上させるための密着層として機能する。

【0043】

また、第1のタングステン膜15には、フッ化タングステン（ WF_6 ）の水素化シリコン（ SiH_4 ）還元反応により形成されたタングステン膜を用い、第2のタングステン膜16には、フッ化タングステンの水素（ H_2 ）還元反応により形成されたタングステン膜を用いている。

【0044】

本実施形態の半導体装置の特徴は、直径が約 $0.18\mu m$ で深さが約 $1.5\mu m$ という高アスペクト比の貫通孔12a内に、第1のタングステン膜15が、グレインサイズの平均値が $30nm$ 以下となるように形成されていることにある。これにより、モホロジが良好な第2のタングステン膜16が形成されるため、貫通孔12a内部の第1のタングステン膜15及び第2のタングステン膜16をシームが低減された低欠陥のプラグとして用いることができる。

【0045】

以下に、本実施形態に係る半導体装置の製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0046】

図2（a）～図2（e）は本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法の工程順の断面構成を示している。

【0047】

まず、図2（a）に示すように、半導体集積回路（図示せず）が形成された半導体基板11の上に、例えば化学気相堆積法（CVD）法等を用いて、酸化シリコンからなる絶縁膜12を堆積する。続いてフォトリソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて、絶縁膜12に、直径が約 $0.18\mu m$ で半導体基板11の上面を露出する貫通孔12aをパターンニングする。

【0048】

次に、図2（b）に示すように、CVD法等を用いて、絶縁膜12の上に、貫通孔12aの壁面と貫通孔12aによって露出された半導体基板11の上面との上を含むように、全面にわたって、膜厚が約 $5.5nm$ のチタン膜13と、膜厚が約 $11nm$ の窒化チタン膜14とを順次堆積する。

【0049】

その後、窒化チタン膜14までが形成された半導体基板11をタングステン膜形成用のCVD装置の反応室に投入し、該反応室内に圧力が約 $1.2 \times 10^4 Pa$ （約 $90 Torr$ ）の熱処理用のガスを導入する。その後、反応室内の温度を約 $450^\circ C$ として、窒化チタン膜14の表面に熱処理を施す。熱処理用のガスとしては、例えば、流量が約 $2800 sccm$ （但し、 $sccm$ は流量を $0^\circ C$ 、1気圧の体積に換算してミリリットル毎分で表す単位であり、 $1 sccm$ は $0^\circ C$ 、1気圧における1ミリリットル毎分である。）のアルゴン（ Ar ）ガスと、流量が約 $1000 sccm$ の水素（ H_2 ）ガスとの混合ガスを用いる。そして、約30秒間にわたって熱処理を行った後、反応室から熱処理用のガスを約30秒間にわたって排気する。

【0050】

この熱処理により、窒化チタン膜14の表面を、第1のタングステン膜15を成長する

ための下地として適するように改質することができる。この熱処理の具体的な効果については後述する。

【0051】

次に、図2(c)に示すように、CVD装置の反応室に第1の原料ガスを導入し、温度が約450℃で且つ圧力が約 2.7×10^3 Pa (約30 Torr) という条件に設定して、膜厚が約17 nmとなるように第1のタングステン膜15を堆積する。ここで、第1のタングステン膜15を形成するための第1の原料ガスには、流量が約42 sccmのフッ化タングステン(WF₆)ガスと、流量が約5 sccmの水素化シリコン(SiH₄)ガスとの混合ガスを用いている。これにより、貫通孔12aの内側にオーバーハングしないようにカバレッジ良く第1のタングステン膜15を形成できる。また、第1のタングステン膜15を形成する際の下地となる窒化チタン膜14は、熱処理により第1のタングステン膜15の成長に適するように改質されているため、グレインサイズの平均値が30 nm以下となるように第1のタングステン膜15が形成される。

【0052】

ここで、第1のタングステン膜15を形成する工程は、熱処理用のガスを排気した後、大気圧に開放することなく連続的に第1の原料ガスを導入して成膜することが好ましい。このようにすると、熱処理によって改質された窒化チタン膜14の表面が再び汚染又は変質する危険性を排除できるため、第1のタングステン膜をグレインサイズが小さくなるように確実に形成することが可能となる。

【0053】

次に、図2(d)に示すように、CVD装置の反応室に第2の原料ガスを導入し、圧力が約 1.2×10^4 Pa (約90 Torr) で且つ温度が約450℃という条件に設定して、膜厚が約200 nmとなるように第2のタングステン膜16を形成する。ここで、第2のタングステン膜16を形成するための第2の原料ガスには、流量が約120 sccmのフッ化タングステンガスと、流量が約500 sccmの水素(H₂)ガスとの混合ガスを用いている。これにより、貫通孔12aの内部を埋めるように第2のタングステン膜16が形成される。また、第2のタングステン膜16を形成する際の下地となる第1のタングステン膜15は、グレインサイズの平均値が30 nm以下となるように形成されているので、第2のタングステン膜16をモホロジ良く形成することができる。

【0054】

次に、図2(e)に示すように、化学機械的研磨(CMP)法により、絶縁膜12の表面上に形成された第2のタングステン膜16、第1のタングステン膜15、窒化チタン膜14及びチタン膜13を順次研磨除去する。これにより、図1の本実施形態に係る半導体装置が完成する。

【0055】

以上に説明したように、本発明の半導体装置の製造方法によると、第1のタングステン膜105を、グレインサイズの平均値が30 nm以下となるように形成することが可能となるため、第2のタングステン膜106をモホロジ良く形成でき、シームが低減されたプラグを形成できるので、信頼性が高い半導体装置を得ることが可能となる。

【0056】

以下、本実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜15及び第2のタングステン膜16を形成する工程の具体的な条件を検討した結果について説明する。

【0057】

まず、第1のタングステン膜15をグレインサイズの平均値が約30 nm以下となるように形成する具体的な条件を検討した結果について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0058】

図3は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法における熱処理の効果を説明し、第1のタングステン膜15のグレインサイズの分布を、熱処理を行った場合と行わなかった場合とについて比較して示すグラフである。図3において、横軸は第1のタングス

テン膜 15 のグレインサイズを表し、縦軸はグレインの個数を表している。また、実線は熱処理を行った場合を表し、点線は熱処理を行わなかった場合を表している。

【0059】

図3に示すように、熱処理を行った後に第1のタングステン膜15を形成する場合には、熱処理を行わなかった場合と比べて、第1のタングステン膜15のグレインサイズは、平均値が小さく且つバラツキが少なくなることがわかる。具体的に、熱処理を行った後に形成された第1のタングステン膜15のグレインサイズは、平均値が約26nmであり、標準偏差 σ の値が約5.8nmである。これに対し、熱処理を行わずに形成された第1のタングステン膜15のグレインサイズは、平均値が約37nmであり、標準偏差 σ が約10.8nmである。このように、窒化チタン膜14に対する熱処理を行うことにより、第1のタングステン膜15を、グレインサイズの平均値が30nm以下で且つバラツキが小さくなるように形成することができる。

【0060】

本実施形態において、窒化チタン膜14に対する熱処理を行うことと第1のタングステン膜15のグレインサイズが低下することとの因果関係は明らかではないが、窒化チタン膜14を形成した後、第1のタングステン膜15の形成工程を開始するまでの間に、窒化チタン膜14の表面に何らかの変質又は汚染が生じており、前述の熱処理によって窒化チタン膜14の表面が改質され、第1のタングステン膜15を形成するための下地として適するようになると考えられる。

【0061】

なお、本実施形態において、第1のタングステン膜15を形成するために熱処理工程は必ずしも必要ではなく、グレインサイズの平均値が30nm以下となるように第1のタングステン膜15を形成できればよい。例えば、窒化チタン膜14を形成した後直ちに第1のタングステン膜15を形成してもよい。このようにすると、窒化チタン膜14の表面が変質又は汚染される前に第1のタングステン膜15を形成できるため、グレインサイズの平均値が30nm以下となるように第1のタングステン膜15を形成できる。

【0062】

また、熱処理用のガスは、アルゴンガスと水素ガスとの混合ガスに限られず、還元性又は非酸化性を有するガスであればよい。このようにすると、450℃程度の高温に設定しても半導体装置を酸化することなく窒化チタン膜14の表面を改質することが可能となる。

【0063】

次に、本実施形態の半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜15を形成する工程の具体的な条件を検討した結果について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0064】

図4は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜を形成する工程に用いる第1の原料ガスのフッ化タングステンガスの流量と第1のタングステン膜15の成膜速度の関係を示すグラフである。図4において、横軸はフッ化タングステンガスの流量を表し、縦軸は第1のタングステン膜15の成膜速度を表している。なお、図4において、第1の原料ガスのうちの水素化シリコンガスの流量を約10sccmとして各データを測定している。

【0065】

図4に示すように、第1の原料ガスにおけるフッ化タングステンガスの流量が増大するにつれて、第1のタングステン膜15の成膜速度が向上し、42sccm以上では成膜速度がほとんど増大していない。従って、第1の原料ガスにおけるフッ化タングステンガスの流量を42sccm以上とすることにより、第1のタングステン膜15を反応律速付近の条件で成膜できることが分かる。

【0066】

図5(a)及び図5(b)は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法における第1のタングステン膜15形成後の貫通孔12aの電子顕微鏡写真であって、図5(a)

)は第1の原料ガスにおける水素化シリコンガスの流量が5 s c c mの場合、図5 (b)は30 s c c mの場合を示している。なお、図5において、第1の原料ガスのうちのフッ化タングステンガスの流量を約42 s c c mとして各データを測定している。

【0067】

図5 (a)に示すように、水素化シリコンガスの流量を約5 s c c mとすると、第1のタングステン膜15は絶縁膜12の底面側を覆うようにほぼ設定した通りの膜厚に形成されている。これに対し、図5 (b)に示すように、水素化シリコンガスの流量を約30 s c c mとすると、第1のタングステン膜15は、貫通孔12aの下部では膜厚が小さく形成されている。このように、水素化シリコンガスの流量が小さい程、第1のタングステン膜15における貫通孔12aの底面被覆率(ボトムカバレッジ)が向上していることが確認できる。

【0068】

このような知見から、本実施形態の半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜15の底面被覆率と、第1の原料ガスにおける水素化シリコンガスの流量との関係について測定した結果を図6に示す。図6において、横軸は水素化シリコンガスの流量を表し、縦軸は第1のタングステン膜15の底面被覆率を表している。なお、図6において、第1の原料ガスのうちのフッ化タングステンガスの流量を約42 s c c mとして各データを測定している。

【0069】

図6に示すように、第1のタングステン膜15の底面被覆率は、水素化シリコンガスの流量が小さくなるにつれて向上していくことがわかる。特に、水素化シリコンガスの流量が約5 s c c mの場合には、底面被覆率は約63%にまで向上する。図6から明らかなように、第1の原料ガスにおける水素化シリコンガスの流量は5 s c c m以下であることが好ましい。このようにすると、第1のタングステン膜15の底面被覆率を向上することができる。

【0070】

このように、本実施形態では、第1のタングステン膜15の形成に用いる第1の原料ガスは、フッ化タングステンガスの流量を約42 s c c mとし、水素化シリコンガスの流量を約5 s c c mとして供給することにより、反応律速付近の成膜条件で第1のタングステン膜15を形成でき、カバレッジが良好な第1のタングステン膜15を形成することができる。

【0071】

なお、フッ化タングステンガスの流量は約42 s c c mに限られず、水素化シリコンガスの流量を約5 s c c mとしているが、フッ化タングステンガスの流量は42 s c c m以上であってもよく、水素化シリコンガスの流量は5 s c c m以下であってもよい。即ち、水素化シリコンガスに対するフッ化タングステンガスの流量比の値が8.4以上であれば、第1のタングステン膜15をカバレッジ良く形成することが可能である。

【0072】

次に、本実施形態の半導体装置の製造方法において、第2のタングステン膜16を形成する工程の具体的な条件を検討した結果について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0073】

図7は、第2のタングステン膜16を形成するための第2の原料ガスにおけるフッ化タングステンガスの流量と、第2のタングステン膜16の成膜速度との関係を示すグラフである。図7において、横軸はフッ化タングステンガスの流量を表し、縦軸は第2のタングステン膜16の成膜速度を表している。なお、図7において、第2の原料ガスのうちの水素ガスの流量を700 s c c mとして各データを測定している。

【0074】

図7に示すように、第2の原料ガスにおけるフッ化タングステンガスの流量が増大するにつれて、第2のタングステン膜16の成膜速度が向上し、120 s c c m以上では成膜速度はほとんど変化していない。従って、第2の原料ガスにおけるフッ化タングステンガ

スの流量を120 sccm以上とすることにより、第2のタングステン膜16を反応律速付近で成膜できることがわかる。

【0075】

図8(a)及び図8(b)は、第2のタングステン膜16を形成するための第2の原料ガスにおけるフッ化タングステンガス及び水素ガスの流量と、形成される第2のタングステン膜16における貫通孔12aの側面被覆率(サイドカバレージ)との関係を説明するグラフであって、図8(a)はフッ化タングステンガスの流量と側面被覆率との関係を示し、図8(b)は水素ガスの流量と側面被覆率との関係を示すグラフである。なお、図8(a)において、第2の原料ガスのうちの水素ガスの流量を約700 sccmとし、図8(b)において、第2の原料ガスのうちのフッ化タングステンガスの流量を95 sccmとして各データを測定している。

【0076】

図8(a)に示すように、フッ化タングステンの流量が80 sccmから増大するのに伴って第2のタングステン膜16の側面被覆率が向上すると共に、図8(b)に示すように、水素ガスの流量が約900 sccmから減少するのに伴って第2のタングステン膜16の側面被覆率が向上することがわかる。

【0077】

従って、第2のタングステン膜16を形成する工程において、第2の原料ガスとして、流量が約120 sccmのフッ化タングステンと流量が約500 sccmの水素ガスとを用いることにより、反応律速付近の成膜条件で第2のタングステン膜16を成膜でき、モホロジが良好な第2のタングステン膜16を形成することができる。

【0078】

なお、本実施形態では、第2のタングステン膜16を形成する工程において、フッ化タングステンガスの流量を約120 sccmとし、水素ガスの流量を約500 sccmとしているが、図7、図8(a)及び図8(b)を用いて説明したように、フッ化タングステンガスの流量は約120 sccm以上であっても良く、水素ガスの流量が500 sccm以下であってもよい。即ち、水素ガスに対するフッ化タングステンガスの流量比の値が0.24以上であれば、モホロジが良好な第2のタングステン膜16を形成することが可能である。

【0079】

以上に説明したように、本実施形態の半導体装置によると、第1のタングステン膜15をグレインサイズの平均値が30 nm以下となるように形成するため、貫通孔12aが高アスペクト比に形成されている場合であっても、第2のタングステン膜16をモホロジ良く形成でき、シーム等の不良が抑制されるので、貫通孔12aの内部にタングステンからなるプラグを低欠陥に形成することができる。

【産業上の利用可能性】

【0080】

本発明に係る半導体装置及びその製造方法は、絶縁膜に設けられた高アスペクト比の貫通孔の内部に、タングステンからなるプラグを低欠陥に形成できるという格別の効果を有し、タングステンからなるプラグを有する半導体装置及びその製造方法等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】本発明の一実施形態に係る半導体装置を示す構成断面図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す工程順の構成断面図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜のグレインサイズの分布を、熱処理を行う場合と行わない場合とについて比較して示すグラフである。

【図4】本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第1のタングス

テン膜を形成する工程に用いるフッ化タングステングスの流量と第1のタングステン膜の成膜速度との関係を示すグラフである。

【図5】(a)及び(b)は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜形成後の貫通孔の電子顕微鏡写真であって、(a)は第1の原料ガスにおける水素化シリコンガスの流量を5 s c c mとした場合の貫通孔の電子顕微鏡写真であり、(b)は30 s c c mとした場合の貫通孔の電子顕微鏡写真である。

【図6】本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第1のタングステン膜を形成する工程に用いる水素化シリコンガスの流量と第1のタングステン膜の底面被覆率との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第2のタングステン膜を形成する工程に用いるフッ化タングステングスの流量と第2のタングステン膜の成膜速度との関係を示すグラフである。

【図8】本発明の一実施形態に係る半導体装置の製造方法において、第2のタングステン膜を形成する工程に用いる水素化シリコンガスの流量と第2のタングステン膜の側面被覆率との関係を示すグラフである。

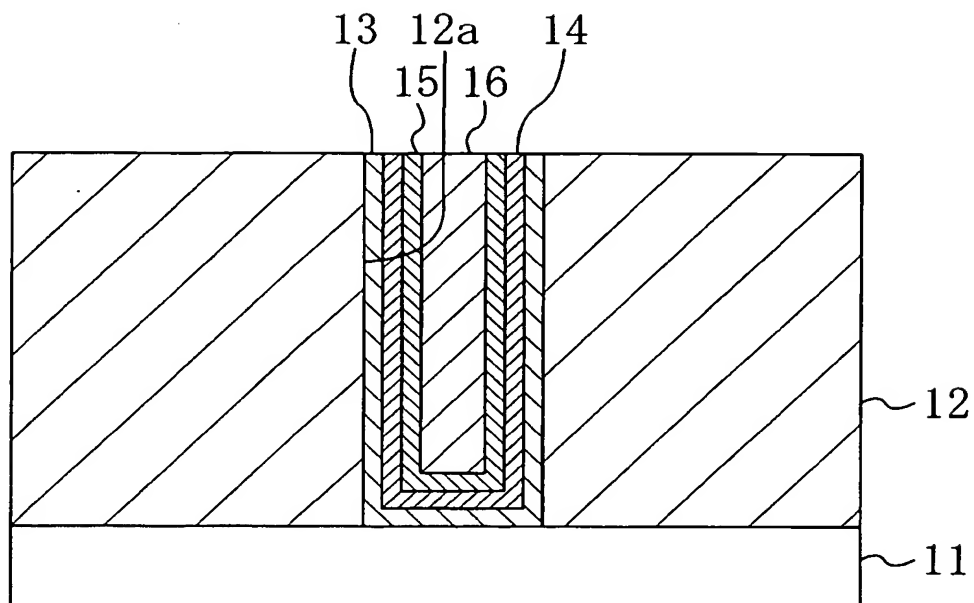
【図9】従来の半導体装置を示す構成断面図である。

【符号の説明】

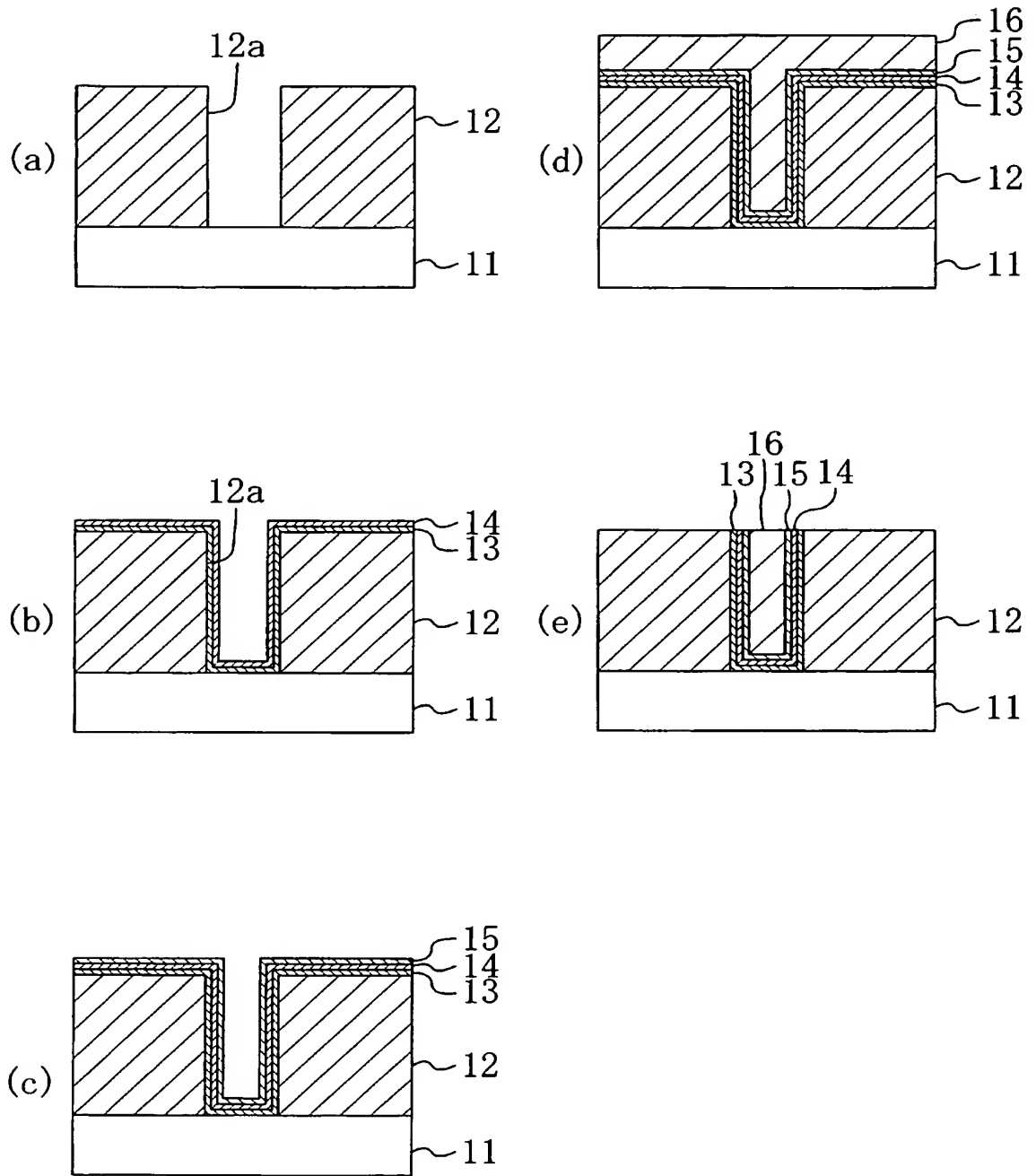
【0082】

- 11 半導体基板（半導体領域）
- 12 絶縁膜
- 12a 貫通孔
- 13 チタン膜
- 14 窒化チタン膜
- 15 第1のタングステン膜（第1の金属膜）
- 16 第2のタングステン膜（第2の金属膜）

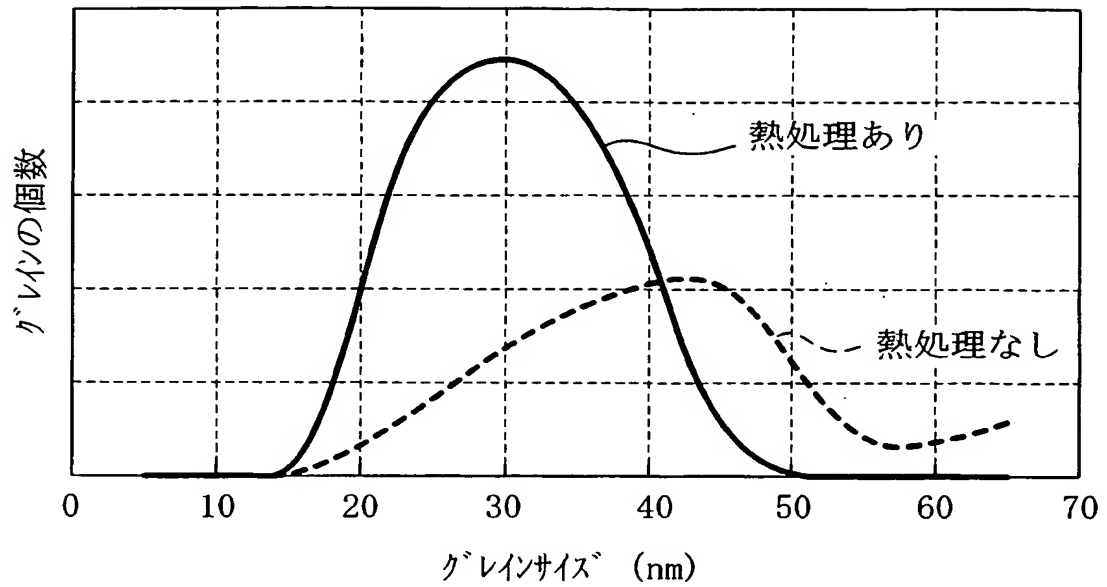
【書類名】 図面
【図 1】



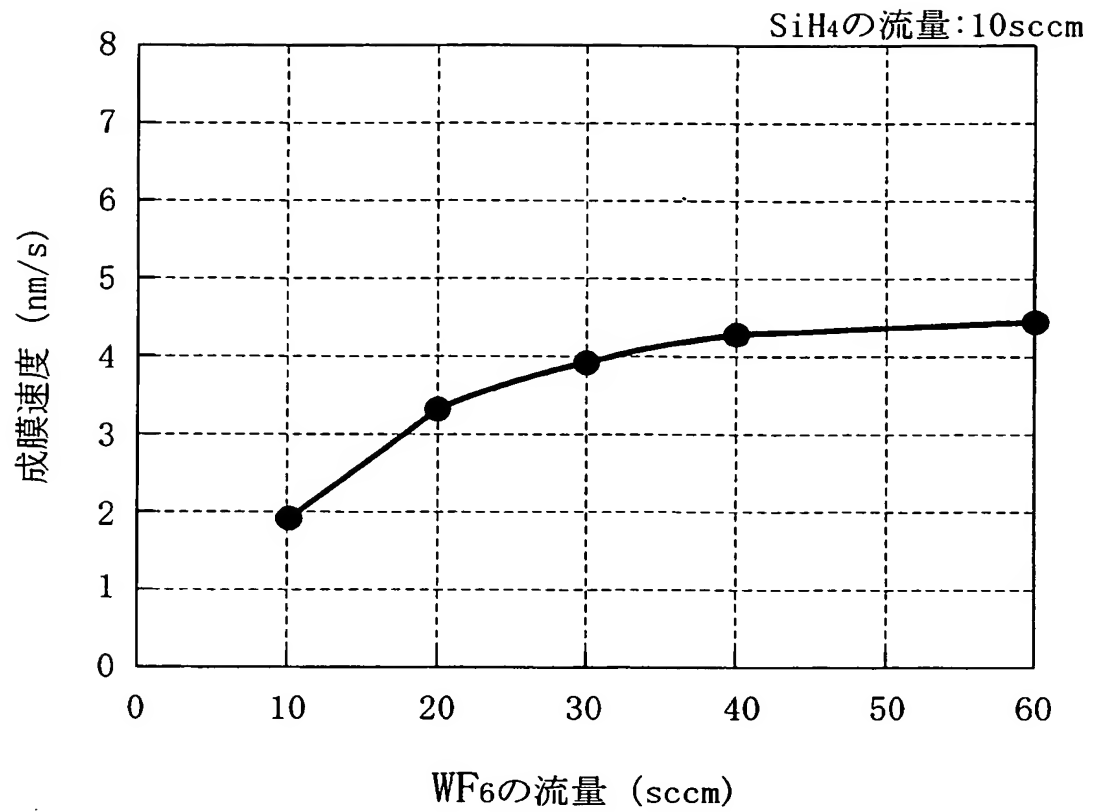
【図 2】



【図 3】



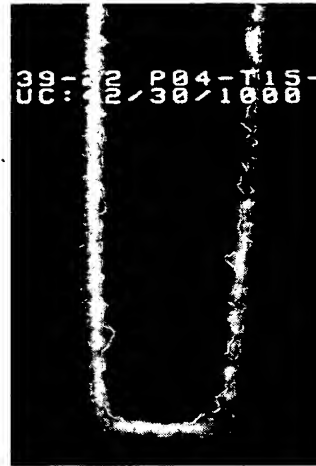
【図 4】



【図 5】



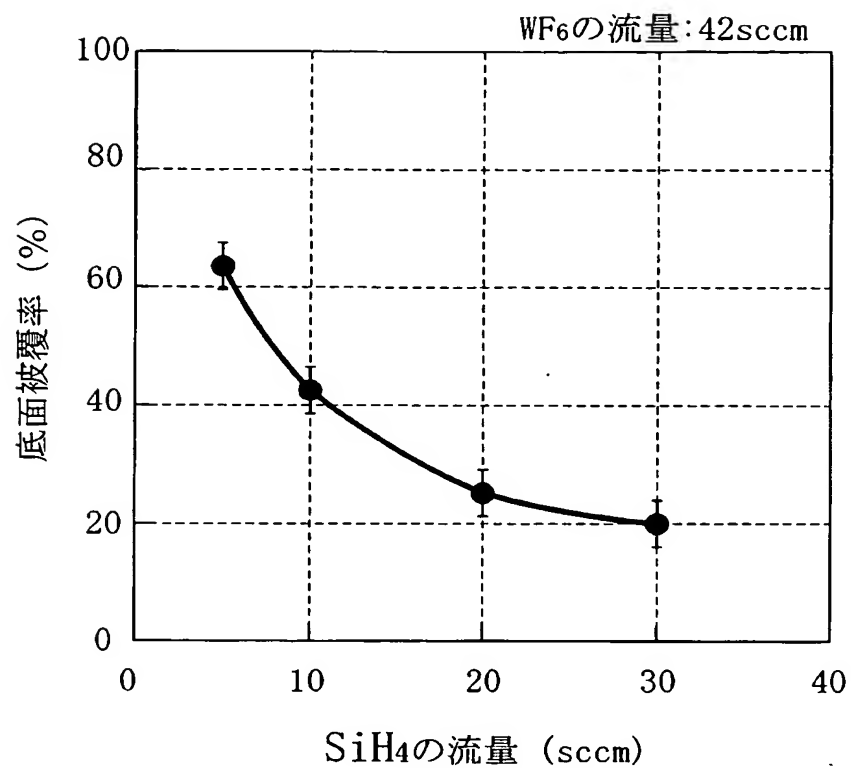
(a) SiH_4 の流量: 5 sccm



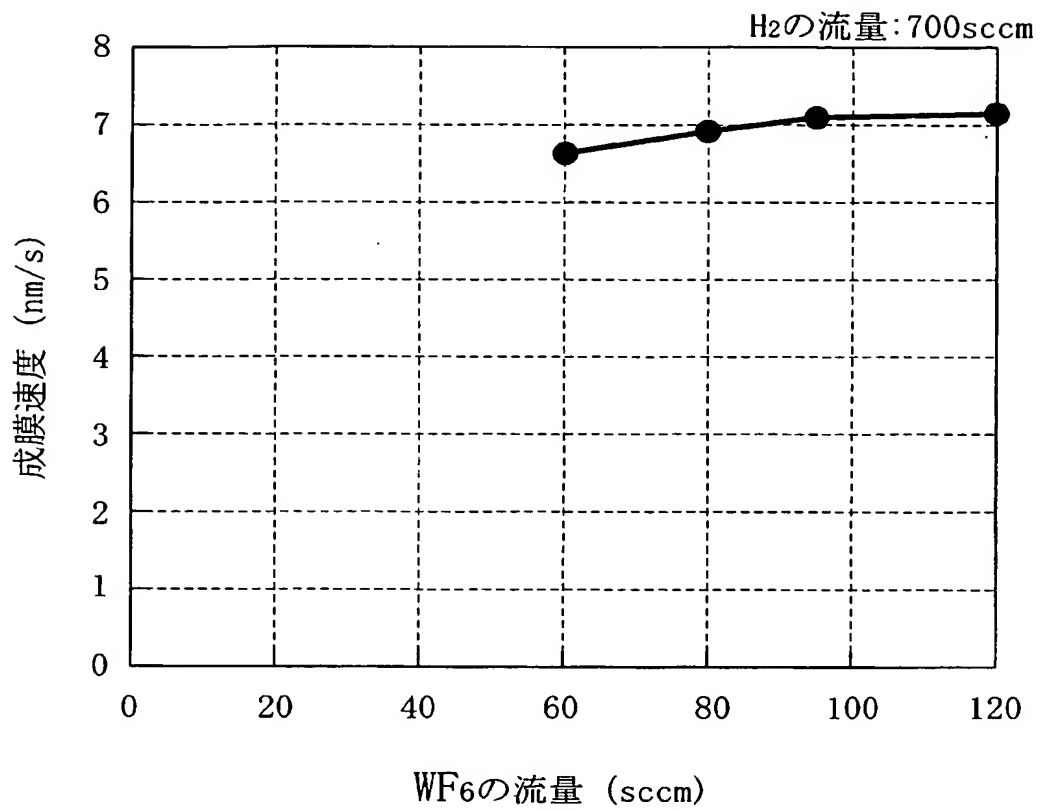
(b) SiH_4 の流量: 30 sccm

BEST AVAILABLE COPY

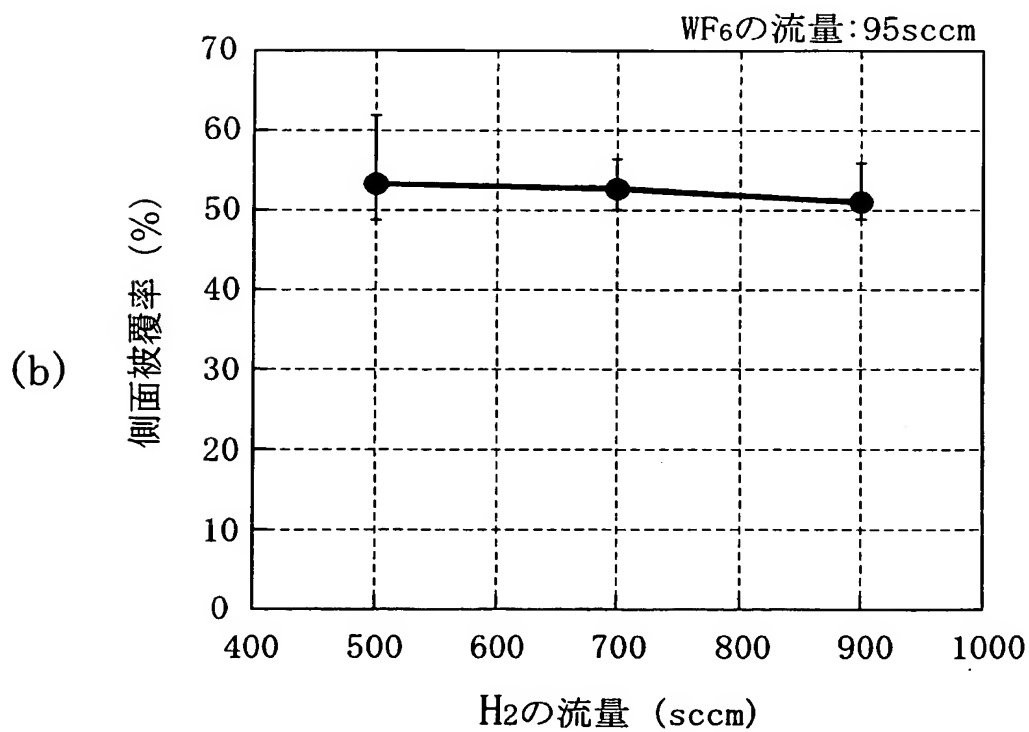
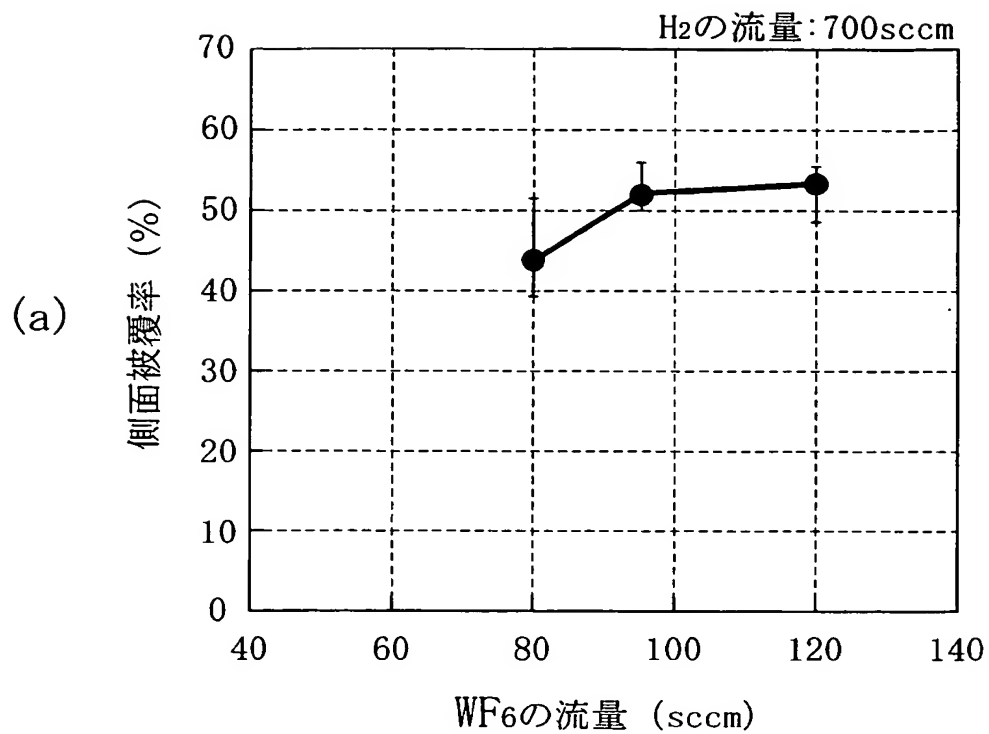
【図 6】



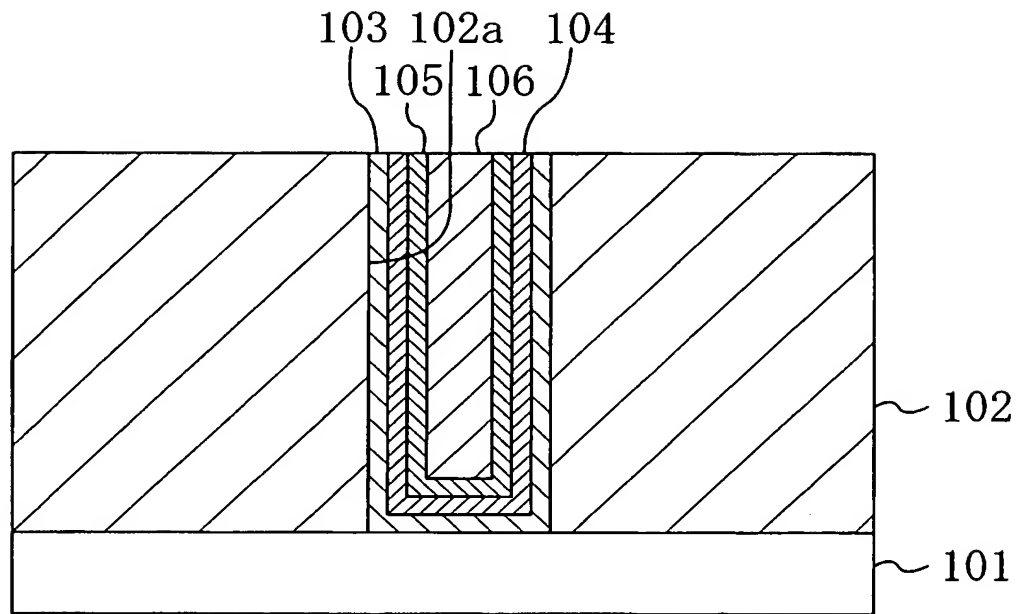
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 アスペクト比が大きい貫通孔に対して、タングステンからなるプラグを低欠陥に形成できるようにする。

【解決手段】 まず、半導体基板 11 の上に貫通孔 12 a を有する絶縁膜 12 を形成し、貫通孔 12 a を含む絶縁膜 12 の上にチタン膜 13 及び窒化チタン膜 14 を順次形成する。その後、温度が約 450℃の熱処理用のガスを用いて窒化チタン膜 14 の表面に対する熱処理を行う。続いて、水素化シリコンガスに対するフッ化タングステンガスの流量比の値が 8.4 以上の第 1 の原料ガスを用いて、窒化チタン膜 14 の上に第 1 のタングステン膜 15 を形成した後、水素ガスに対するフッ化タングステンガスの流量比の値が 0.24 以上の第 2 の原料ガスを用いて、第 1 のタングステン膜 15 の上に貫通孔 12 a の内部を充填するように第 2 のタングステン膜 16 を形成する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 8 3 4 1 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社